

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2004-029314

(43)Date of publication of application : 29.01.2004

(51)Int.Cl.

G02B 5/08

G02B 17/08

G03F 7/20

G21K 1/06

G21K 5/02

H01L 21/027

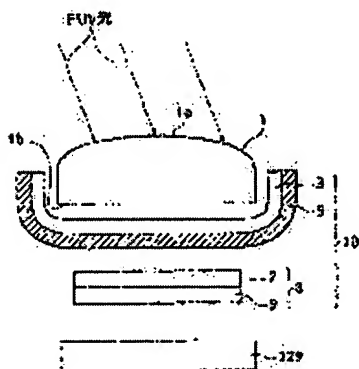
(21)Application number : 2002-184512

(71)Applicant : NIKON CORP

(22)Date of filing : 25.06.2002

(72)Inventor : OSHINO TETSUYA

(54) DEVICE FOR COOLING OPTICAL ELEMENT, METHOD OF COOLING OPTICAL ELEMENT AND EXPOSURE DEVICE



(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a holding mechanism for optical element with which the deformation and change in the position of an optical element are suppressed by suppressing the temperature rise of the optical element by cooling it.

SOLUTION: A mirror cooling device 10 arranged on the rear face 1b side of a mirror 1 is composed of a heat receiving plate 3, a cooling mechanism 5 (a heat pipe 4 and a water cooling jacket 6), and a heat insulating mechanism 8 (a heater 7 and a second heat receiving plate 9). The heat receiving plate 3 is arranged not in contact with but close to the mirror 1 along the portion other than the reflecting surface 1a of the mirror 1. The heat receiving plate 3 is formed of a thin plate of a metal or a ceramic (Al₂O₃ or the like, for example) having a large heat conductivity and a large heat emissivity. The surface or a part thereof is processed for enhancing a heat emissivity from the mirror 1 to the heat receiving plate 3.

LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2004-29314

(P2004-29314A)

(43) 公開日 平成16年1月29日(2004.1.29)

(51) Int. Cl. ⁷	F 1	テーマコード (参考)
G02B 5/08	G02B 5/08	F 2H042
G02B 17/08	G02B 17/08	A 2H087
G03F 7/20	G03F 7/20	521 5F046
G21K 1/08	G21K 1/06	P
G21K 5/02	G21K 5/02	X
審査請求 未請求 請求項の数 13 O L (全 13 頁) 最終頁に続く		

(21) 出願番号 特願2002-184512(P2002-184512)
 (22) 出願日 平成14年6月25日(2002.6.25)

(71) 出願人 000004112
 株式会社ニコン
 東京都千代田区丸の内3丁目2番3号
 (74) 代理人 100100413
 弁理士 渡部 温
 (74) 代理人 100110858
 弁理士 柳瀬 睦肇
 (72) 発明者 押野 哲也
 東京都千代田区丸の内3丁目2番3号
 株式会社ニコン内
 Fターム(参考) 2H042 AA25 DA10 DA12 DA16 DB02
 DB06 DB13
 2H087 KA21 TA01 TA02 TA06
 5F046 CB02 CB12 DA26 GA02 GA14
 GB01 GB02

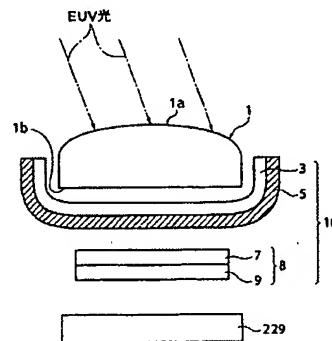
(54) 【発明の名称】 光学素子冷却装置、光学素子冷却方法及び露光装置

(57) 【要約】

【課題】 光学素子を冷却して温度上昇を抑制し、光学素子の变形や位置変化を抑制することのできる光学素子保持機構等を提供する。

【解決手段】 ミラー1の裏面1b側に配置されたミラー冷却装置10は、受熱板3、冷却機構5（ヒートパイプ4・水冷ジャケット6）、防熱機構8（加熱装置7及び第2受熱板9）からなる。受熱板3は、ミラー1の反射面1a以外の部分に沿って非接触で近接配置されている。受熱板3は、高輻射率・高熱伝導率の金属又はセラミックス製（例えばAl₂O₃等）の薄板から形成されている。受熱板3の表面又は表面の一部には、ミラー1から受熱板3への熱輻射率を高めるための加工が施されている。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

光学素子の光の入射・出射しない面に沿って近接配置された、該光学素子から熱輻射を受ける受熱板と、

該受熱板を冷却する冷却手段と、

を具備することを特徴とする光学素子冷却装置。

【請求項 2】

前記光学素子がミラーであり、該ミラーの反射面以外の部分に沿って前記受熱板が配置されていることを特徴とする請求項 1 記載の光学素子冷却装置。

【請求項 3】

前記受熱板が高輻射率・高熱伝導率の金属又はセラミックス板であり、

前記冷却手段が前記受熱板の反光学素子側の面に貼り付けられたヒートパイプであることを特徴とする請求項 1 又は 2 記載の光学素子冷却装置。

【請求項 4】

前記受熱板の前記光学素子側の面に、輻射率を高める加工がなされていることを特徴とする請求項 1 又は 2 記載の光学素子冷却装置。

【請求項 5】

前記光学素子の前記受熱板側の面に、輻射率を高める加工がなされていることを特徴とする請求項 1 又は 2 記載の光学素子冷却装置。

【請求項 6】

前記輻射率を高める加工が、酸化物、炭化物又は窒化物等のセラミックスコーティングであることを特徴とする請求項 4 又は 5 記載の光学素子冷却装置。

【請求項 7】

前記輻射率を高める加工が、熱輻射面積を広げるための面粗し加工、凹凸加工であることを特徴とする請求項 4 又は 5 記載の光学素子冷却装置。

【請求項 8】

前記輻射率を高める加工の有無・程度が、前記受熱板及び／又は前記光学素子の部位に応じた空間分布を有することを特徴とする請求項 4 又は 5 記載の光学素子冷却装置。

【請求項 9】

前記受熱板の反光学素子側の面及び／又は前記冷却手段から他の光学素子への熱輻射を防止する防熱手段をさらに具備することを特徴とする請求項 1 又は 2 記載の光学素子冷却装置。

【請求項 10】

前記防熱手段が前記冷却手段からの冷熱輻射をキャンセルする加熱手段であることを特徴とする請求項 9 記載の光学素子冷却装置。

【請求項 11】

光学素子を冷却する方法であって、

光学素子の光の入射・出射しない面に沿って受熱板を近接配置して、該受熱板で該光学素子からの熱輻射を受けるとともに、

該受熱板を冷却手段で冷却することを特徴とする光学素子冷却方法。

【請求項 12】

極端紫外線を反射するミラー及び／又は反射マスクを有する露光装置であって、

前記ミラー及び／又は反射マスクの反射面以外の部分に沿って、該ミラー及び／又は反射マスクから熱輻射を受ける受熱板が近接配置されていることを特徴とする露光装置。

【請求項 13】

前記ミラーが極端紫外線露光装置の投影光学系ミラーであり、

該投影光学系ミラーが、前記反射マスクと前記極端紫外線が選択的に照射されるウエハとの間に配置されており、

該投影光学系ミラーの光の入射・出射しない面に沿って近接配置された、該ミラーから熱輻射を受ける冷却手段付き受熱板（クーラー）を具備し、

10

20

30

40

50

該クーラーと前記反射マスク及び／又は前記ウエハ間、又は、前記クーラーと前記投影光学系ミラー間に、前記クーラーから他のミラーへの熱輻射を防止する防熱手段をさらに具備することを特徴とする請求項１記載の露光装置。

【発明の詳細な説明】

【０００１】

【発明の属する技術分野】

本発明は、レンズやミラー等の光学素子を冷却する装置・方法、及び、そのような装置・方法が適用される露光装置に関する。特に、半導体デバイス露光装置等の精密光学機械において、光学素子を冷却して熱変形を抑制することのできる装置・方法等に関する。

【０００２】

【背景技術】

EUV光（極端紫外光）露光装置を例に採って、背景技術を説明する。

図７は、EUV光露光装置の概略構成例を示す図である。

図７に示す露光装置は、EUV源１０１と、このEUV源１０１から射出したEUV光（波長１３．４nm）１００を反射型マスク１０２に照射する照明光学系１０３と、反射型マスク１０２上の回路パターンをウエハ１０４上に投影するEUV投影光学系１０５と、マスクステージ１０６及びウエハステージ１０７から構成されている。

【０００３】

この露光装置においては、EUV源１０１から発したEUV光１００が照明光学系１０３を経て反射型マスク１０２に照射される。反射型マスク１０２で反射したEUV光１００は、投影光学系１０５に入射する。投影光学系１０５を通ったEUV光１００は、ウエハ１０４上に到達し、反射型マスク１０２上のパターンがウエハ１０４上に縮小転写される。

【０００４】

投影光学系１０５は、一例で６枚の多層膜反射鏡（図示されず）で構成されており、その縮小倍率は例えば１／４である。投影光学系１０５は、ウエハ１０４上において、幅２mm・長さ３０mmの輪帯状の露光視野を有する。各反射鏡は反射面形状が非球面であり、その表面にはEUV光の反射率を向上するためのMo/Si多層膜がコートされている。露光時において、反射型マスク１０２、ウエハ１０４は、それぞれステージ１０６、１０７上で走査される。ウエハ１０４の走査速度は、常に反射型マスク１０２の走査速度の１／４となるように同期している。その結果、光学系の視野よりも大きい領域に広がるパターンを転写することができる。

【０００５】

次いで、図８を参照して、光学系鏡筒の機械構造についてより詳細に説明する。

図８は、EUV光露光装置の光学系鏡筒の一例を示す構成図である。

図８には、２枚の反射鏡（光学素子）１１１、１１２を保持する光学系鏡筒１１０が示されている。この鏡筒１１０は、鏡筒本体部１１０aとフランジ部１１０bを有する。なお、この鏡筒１１０はインバー製であり、熱変性が生じにくい。

【０００６】

反射鏡１１１は、鏡筒１１０のフランジ部１１０b上において、位置調整機構（ピエゾモータ等）１１５を介して保持機構１１６で保持されている。位置調整機構１１５は、組み立て時あるいはその後において反射鏡の位置を調整するための機構である。一方、反射鏡１１２は、鏡筒１１０のフランジ部１１０b下において、保持機構１１７で保持されている。２枚の反射鏡１１１、１１２には、それぞれ穴１１１a、１１２aが開けられている。図の上部の光源やマスク（図示されず）から発した光１００は、上の反射鏡１１１の穴１１１aを通して下の反射鏡１１２の上面に達し、ここで反射した光１００が反射鏡１１１の下面に向かう。この光１００は、さらに反射鏡１１１の下面で反射して下方に向かい、反射鏡１１２の穴１１２aを通してマスクやウエハ（図示されず）に到達する。

【０００７】

EUV光学系においては、前述の通り反射鏡（光学素子）表面にMo/Si多層膜がコー

10

20

30

40

50

トされている。EUV投影光学系の開口数は例えば0.2～0.3であり、波面収差は1nm RMS以下が求められる。このような小さな波面収差を実現するためには、反射鏡として高精度な形状を有する非球面ミラーを用い、高精度なミラー組み立て・調整を行う必要がある。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】

前述の反射鏡は、入射したEUV光の一部を吸収することによって加熱される。ここで、図8に示すような光学系鏡筒を真空雰囲気中で使用する場合には、加熱された反射鏡の放熱性が悪いため、反射鏡が熱変形するおそれがある。そこで、冷却機構を光学素子（反射鏡）に接触させて冷却する方法が考えられる。しかしながら、この方法では接触により光学素子に力がかかり変形してしまうおそれがあり、その結果、光学素子の高精度な形状が維持できない可能性がある。

【0009】

本発明は、このような課題に鑑みてなされたものであり、光学素子を冷却して温度上昇を抑制し、光学素子の変形や位置変化を抑制することのできる光学素子保持機構等を提供することを目的とする。

【0010】

【課題を解決するための手段】

上記課題を解決するため、本発明の光学素子冷却装置は、光学素子の光の入射・出射しない面に沿って近接配置された、該光学素子から熱輻射を受ける受熱板と、該受熱板を冷却する冷却手段と、を具備することを特徴とする。

さらに、本発明のより具体的な態様においては、前記光学素子がミラーであり、該ミラーの反射面以外の部分に沿って前記受熱板が配置されているものとすることができる。

【0011】

本発明の光学素子冷却装置によれば、受熱板が光学素子（ミラー）とは接していないので、受熱板を冷却手段で冷却することで、受熱板を所望の温度に維持できる。したがって、光学素子の温度上昇を抑制して、光学素子の熱変形を抑制することができる。さらに、受熱板が光学素子とは接していないので、接触による変形も生じない。そのため、光学素子の波面収差等の光学性能が劣化しない。

【0012】

本発明の光学素子冷却装置においては、前記受熱板が高輻射率・高熱伝導率の金属又はセラミックス板であり、前記冷却手段が前記受熱板の反光学素子側の面に貼り付けられたヒートパイプであるものとすることができる。

この場合、受熱板・冷却手段の熱移動が良好であるため、冷却性能を一層向上できる。また、水冷の場合に比べて振動が少ないので、装置に与える影響が少ない。

【0013】

本発明の光学素子冷却装置においては、前記受熱板の前記光学素子側の面に、輻射率を高める加工がなされていることが好ましい。あるいは、前記光学素子の前記受熱板側の面に、輻射率を高める加工がなされていることが好ましい。

これらの場合も、受熱板・冷却手段の熱移動が良好であるため、冷却性能を一層向上できる。

【0014】

本発明の光学素子冷却装置においては、前記輻射率を高める加工が、酸化物、炭化物又は窒化物等のセラミックスコーティングであることが好ましい。あるいは、前記輻射率を高める加工が、熱輻射面積を広げるための面粗し加工、凹凸加工であることが好ましい。

【0015】

本発明の光学素子冷却装置においては、前記輻射率を高める加工の有無・程度が、前記受熱板及び／又は前記光学素子の部位に応じた空間分布を有することが好ましい。

この場合、光学素子の各部位の発熱量分布に対応した冷却を行うことができるので、光学素子の熱分布をより均一に抑制することが可能となる。光学素子がミラーである場合は、

ミラーの熱分布が不均一になると、ミラーの一部が膨張して折れ曲がるように変形し、これが波面収差に影響を及ぼすので、この変形を抑制可能となる。

【0016】

本発明の光学素子冷却装置においては、前記受熱板の反光学素子側の面及び／又は前記冷却手段から他の光学素子への熱輻射を防止する防熱手段をさらに具備することができる。さらに、前記防熱手段が前記冷却手段からの冷熱輻射をキャンセルする加熱手段であることができる。

これらの場合、防熱手段・加熱手段から他の光学素子に熱が伝わることによる悪影響を防止できる。

【0017】

本発明の光学素子冷却方法は、光学素子を冷却する方法であって、光学素子の光の入射・出射しない面に沿って受熱板を近接配置して、該受熱板で該光学素子からの熱輻射を受けるとともに、該受熱板を冷却手段で冷却することを特徴とする。

【0018】

本発明の露光装置は、極端紫外線を反射するミラー及び／又は反射マスクを有する露光装置であって、前記ミラー及び／又は反射マスクの反射面以外の部分に沿って、該ミラー及び／又は反射マスクから熱輻射を受ける受熱板が近接配置されていることを特徴とする。

【0019】

本発明の露光装置のより具体的な態様においては、前記ミラーが極端紫外線露光装置の投影光学系ミラーであり、該投影光学系ミラーが、前記反射マスクと前記極端紫外線が選択的に照射されるウエハとの間に配置されており、該投影光学系ミラーの光の入射・出射しない面に沿って近接配置された、該ミラーから熱輻射を受ける冷却手段付き受熱板（クーラー）を具備し、該クーラーと前記反射マスク及び／又は前記ウエハ間、又は、前記クーラーと前記投影光学系ミラー間に、前記クーラーから他のミラーへの熱輻射を防止する防熱手段をさらに具備することができる。

【0020】

【発明の実施の形態】

以下、図面を参照しつつ説明する。

まず、図6を参照して、EUV光縮小投影露光技術の概要を説明する。

図6は、EUV光露光装置の全体構成例を示す図である。

図6のEUV光露光装置は、露光用の照明光として極端紫外光を用いて、ステップアンドスキャン方式により露光動作を行なう投影露光装置である。

【0021】

図6に示すように、露光装置201の最上流部には、レーザ光源203が配置されている。レーザ光源203は、赤外域から可視域の波長のレーザ光を発する機能を有し、例えば半導体レーザ励起によるYAGレーザやエキシマレーザ等を使用する。レーザ光源203から発せられたレーザ光は、集光光学系205により集光され、下部に配置されたレーザープラズマ光源207に達する。レーザープラズマ光源207は、波長13nm近傍の極端紫外光を効率よく発生することができる。

【0022】

レーザープラズマ光源207には、図示せぬノズルからキセノンガスが供給され、このキセノンガスがレーザープラズマ光源207において高照度のレーザ光を受ける。キセノンガスは、高照度のレーザ光のエネルギー照射により高温になってプラズマ状態に励起され、その後、低ポテンシャル状態へ遷移する際に極端紫外光を放出する。極端紫外光は、大気に対する透過率が低いため、光源部及びその後の光路は真空チャンバー209の中に収められている。

【0023】

レーザープラズマ光源207の上部には、Mo/Si多層膜をコートした回転放物面ミラー211が配置されている。レーザープラズマ光源207から輻射された極端紫外光は、

10

20

30

40

50

放物面ミラー 211 に入射し、波長 13 nm 付近の極端紫外光のみが露光装置 201 の下方に向かい平行光となって反射される。同ミラー 211 の下方には、厚さ 0.15 nm のベリリウムからなる可視光カット極端紫外光透過フィルター 213 が配置されている。同ミラー 211 で反射された極端紫外光のうち、所望の極端紫外光のみがフィルター 213 を通過する。フィルター 213 付近もチャンバー 215 により覆われている。

【0024】

フィルター 213 の下方には、露光チャンバー 233 が設置されている。露光チャンバー 233 内のフィルター 213 の下方には、照明光学系 217 が配置されている。照明光学系 217 は、コンデンサー系のミラー、フライアイ光学系のミラー等で構成されており、フィルター 213 から入射した極端紫外光を円弧状に整形し、図の左方に向かって照射する。 10

【0025】

照明光学系 217 の図の左方には、極端紫外光反射ミラー 219 が配置されている。同ミラー 219 は、図の右側の反射面 219a が凹型をした円盤状のものである。ミラー 219 の図の右方には、光路折り曲げミラー 221 が斜めに配置されている。同ミラー 221 の上方には、反射型マスク 223 が、反射面が下になるように水平に配置されている。照明光学系 217 から放出された極端紫外光は、極端紫外光反射ミラー 219 により反射集光された後に、光路折り曲げミラー 221 を介して、反射型マスク 223 の反射面に達する。

【0026】

各ミラー 219、221 は、反射面が高精度に加工された石英の基板からなる。各ミラー反射面には、波長 13 nm の極端紫外光の反射率が高い Mo と Si の多層膜が形成されている。なお、波長が 10～15 nm の極端紫外光を用いる場合には、Ru（ルテニウム）、Rh（ロジウム）等の物質と、Si、Be（ベリリウム）、B₄C（4 ホウ化炭素）等の物質とを組み合わせた多層膜でも良い。 20

【0027】

反射型マスク 223 の反射面にも多層膜からなる反射膜が形成されている。この反射膜には、ウエハ 229 に転写するパターンに応じたマスクパターンが形成されている。反射型マスク 223 は、その上部に図示されたマスクステージ 225 に固定されている。マスクステージ 225 は、少なくとも 1 方向に移動可能であり、光路折り曲げミラー 221 で反射された極端紫外光を順次マスク 223 上に照射する。 30

【0028】

反射型マスク 223 の下部には、順に投影光学系 227、ウエハ 229 が配置されている。投影光学系 227 は、複数のミラー等からなる。投影光学系 227 は、反射型マスク 223 上のパターンを所定の縮小倍率（例えば 1/4）に縮小し、ウエハ 229 上に結像する。ウエハ 229 は、XYZ 方向（図示参照）に移動可能なウエハステージ 231 に吸着等により固定されている。

【0029】

次に、図 1～図 4 を参照して、本発明に係るミラー冷却装置の構成について説明する。

図 1 は、本発明の 1 つの実施例に係るミラー冷却装置と 1 枚のミラーを概念的に示す側面図である。 40

図 2 は、同ミラー冷却装置の受熱板と冷却機構の例を概念的に示す平面図である。

図 3 は、同ミラー冷却装置の受熱板の加工例を概念的に示す図である。（A）及び（B）は受熱板表面に突起を加工する例を示す斜視図であり、（C）は受熱板表面の中央部にコーティングを施す例を示す斜視図である。

図 4（A）は本発明の他の実施例に係るミラー冷却装置と 1 枚のミラーを概念的に示す側面図であり、図 4（B）はミラー・受熱板の各対向面に突起を加工する例を示す拡大図である。

【0030】

図 1 には 1 枚のミラー 1 が示されている。この図に示すミラー 1 の反射面 1a は非球面状 50

の凸型であり、前述の通り、所望のEUV光を反射するためのMo/Si多層膜がコーティングされている。同ミラー1の裏面1bは平面状である。ミラー1の裏面1bは、EUV光が入射・出射しない面である。ミラー1の裏面1b側には、ミラー冷却装置10が配置されている。本実施例のミラー冷却装置10は、受熱板（第1受熱板）3、冷却機構5（ヒートパイプ4・水冷ジャケット6）、防熱機構8（加熱装置7及び第2受熱板9）からなる。

【0031】

受熱板（第1受熱板）3は、ミラー1の裏面1b及び側周面（反射面1a以外の部分）に沿って非接触で近接配置されている。この受熱板3は、ミラー1だけではなくミラー保持機構（図示されず）とも機械的に干渉しないように配置されている。受熱板3は、入射したEUV光の一部を吸収して熱エネルギーの蓄積したミラー1から熱輻射を受ける。

【0032】

受熱板3は、高輻射率・高熱伝導率の金属又はセラミックス製（例えばAl₂O₃等）の薄板から形成されている。受熱板3を薄板状とすることで、ミラー1裏面側のスペースが確保し易くなり、ミラー1の厚さを薄くしなくて済む。そのため、ミラー1の剛性が低下せず、変形の可能性が低減されている。さらに、この薄板状の受熱板3の表面（ミラー1側を向いた面）又は表面の一部には、ミラー1から受熱板3への熱輻射率を高めるための加工が施されている。

【0033】

このような輻射率を高める加工としては、受熱板3の表面に、酸化物（一例で酸化銅、酸化アルミ、酸化ニッケル等）、炭化物（一例で炭化珪素、炭化モリブデン等）又は窒化物（一例で窒化珪素、窒化タンタル等）等をスパッタ等の方法でセラミックスコーティングすることで実現できる。あるいは、受熱板3の母材の酸化や化学処理によって、受熱板3の表面に化合物皮膜を生成してもよい。あるいは、輻射率を高める加工として、受熱板3の表面に熱輻射面積を広げるための面粗し加工や凹凸加工を施すこともできる。例えば、受熱板3の表面に、図3（A）に示すようなフィン状の突起3aを複数形成したり、図3（B）に示すようなピン状の突起3bを複数形成したりすることができる。

【0034】

ところで、ミラー1の表面1aの一部には、不均一な強度のEUV光が照射する場合が多い。そのため、ミラー1に生じる温度は、必ずしもミラー全体で均一とは限らない。そこで、前述の輻射率を高める加工の有無・程度は、受熱板3の部位に応じた空間分布を有することが好ましい。これは、コーティングの厚さや組成に空間分布を与えたり、表面粗さに分布を与えることで実現できる。例えば、図3（C）に示すように、受熱板3'の中央部3cにのみ高輻射コーティングを施すことができる。このような空間分布により、ミラー1の各部位の発熱量分布に対応した冷却を行うことができるようになる。なお、前記の輻射率を高める加工は、後述するようにミラー1の裏面1bにも施すことができる。

【0035】

図1に示すように、受熱板3には冷却機構5が接続されている。図2に示すように、冷却機構5は、受熱板3の反ミラー側の面に貼り付けられたヒートパイプ4と、このヒートパイプ4の端部に設けられた水冷ジャケット6からなる。冷却機構5は、図2に示す例では受熱板3の周方向に離れて計8個設けられている。各ヒートパイプ4の固定端4aは受熱板3の中心に集められて固定されている。一方、各ヒートパイプ4の延出端4bは受熱板3の外方に延び出ており、端部に水冷ジャケット6が固定されている。ヒートパイプ4は、断面径（あるいは幅）が数mm以下のものを用いることができるので、小さなスペースに収納でき、真空中での使用が容易であり、通常の熱伝導よりも効率よく熱を伝えることができる。このような冷却機構5は、受熱板3の熱がヒートパイプ4の固定端4aから吸収されて延出端4b側へ高速で移動する。ヒートパイプ4の延出端4bの熱は、水冷ジャケット6で冷却される。

【0036】

なお、図1に示す受熱板3は、ミラー1の裏面1b及び側周面に沿う形状を有しているが、これ以外に単なる平盤状（円盤状等）や半月状等、ミラー1の形状に合わせて熱移動効率が高くなる形状を採用することができる。その場合、冷却機構5のヒートパイプ4も、受熱板の形状に合わせて所望温度が得易い位置に配置する。あるいは、受熱板を複数の薄板で構成し、各々の受熱板にヒートパイプ等の冷却機構を設けてもよい。

【0037】

図1に示すように、冷却機構5の受熱板3とは反対側において、防熱機構8（加熱装置7及び第2受熱板9）が配置されている。これら加熱機構7及び第2受熱板9は、受熱板3・冷却機構5からウエハ229（あるいはマスクや他のミラー等）へ熱的な影響が及ぶのを抑制するためのものである。加熱装置7は、前述のヒートパイプ4と同様のものを用いることができる。この加熱装置7は、第1受熱板3の反ミラー側の面（裏面）への熱輻射や、冷却手段5から他のミラー（図示されず）への冷熱輻射をキャンセルする。第2受熱板9は加熱装置7の反冷却機構5側に設けられた板状体であり、加熱装置7の熱を均一化する役割を果たす。

【0038】

なお、以下（1）～（3）のようにして輻射効率をさらに高めることができる。

（1）前述したセラミックスコーティングや面粗し加工・凹凸加工、輻射率を高める加工に空間分布をもたせる等の処理を、ミラー1の裏面1b（図1参照）にも施す。

（2）図4（A）に示すように、ミラー11の裏面11bを平面状ではなく凸状球面等の曲面状に形成し、表面積を増やす。この場合、受熱板13・冷却機構15もミラー裏面11bに合わせて曲面状に形成して近接配置する。

【0039】

（3）図4（B）に示すように、ミラー1裏面と受熱板3表面（各々の対向面）にそれぞれ突起1X、3Xを形成し、各突起1X、3Xが互い違いに入り込むように配置する。この場合も、受熱板3はミラー1に近接配置し、各突起1X、3X同士は接触しないようにする。このような突起1X、3Xにより実質的な表面積を増やすことができる。なお、（2）と（3）を併合して用いると、さらに効果的である。

【0040】

受熱板3（13）は冷却機構5（15）で冷却されるので、受熱板3（13）を所望の温度に維持できる。そのため、ミラー1（11）の熱変形を抑制することができる。

【0041】

次に、前述のようなミラー冷却装置を、図6を用いて説明したEUV光露光装置の投影光学系に適用した具体例について説明する。

図5は、本発明に係るミラー冷却装置をEUV光露光装置の投影光学系に適用した例を示す図である。

図5には、前述したEUV光露光装置の反射型マスク223（上側）とウエハ229（下側）が示されている。これらマスク223とウエハ229間には、6枚のミラーM1～M6と、各ミラーに近接配置されたミラー冷却装置（クーラーC1～C6、ヒーターH2、H3）が配置されている。クーラーC1～C6は、6枚のミラーM1～M6に対応して6個設置されている。

【0042】

各クーラーC1～C6は冷却手段付き受熱板であり、前述の受熱板3・ヒートパイプ4・水冷ジャケット6と略同様のものである。この例では、クーラー受熱板は厚さ2mmの銅板であり、ミラーとの対向面（表面）には銅の熱酸化膜（輻射率を高める加工）が施されている。そして、このクーラー受熱板に直径2mmのヒートパイプが複数固定されている。クーラー受熱板とミラーM1～M6裏面との間隔は0.5mmである。なお、ミラーと受熱板の間隔は3mm以下に近接して配置することが好ましいが、この間隔は全体にわたって維持される必要はなく、最も近い所が3mm以下となっていればよい。クーラー受熱板の形状はミラーM1～M6の形状と概ね同じのものであり、ミラーM1～M6裏面全域が隠れるようになっている。一方、ヒーターH2、H3は、前述の防熱機構8（加熱装置7

及び第2受熱板9) 6と略同様のものである。

【0043】

図5に示すようなEUV光露光装置の投影光学系において、各クーラーの平均温度をそれぞれ次の通りに設定した；

クーラーC1：18.6℃、

クーラーC2：0.4℃、

クーラーC3：6.7℃、

クーラーC4：0.9℃、

クーラーC5：-5.0℃、

クーラーC6：14.6℃。

10

所見によれば、このような温度管理を行った場合、各ミラーM1～M6の平均温度を全て20℃に維持することができる。

【0044】

なお、図5においてマスク223側から2番目のミラーM5の裏面の面積が小さいため、このミラーM5の温度は低く設定し、ミラーM5の大きさを有効面積の約10倍にして、クーラー受熱板の面積を実質的に大きくしてある。その結果、クーラーC5を-5℃程度の実現容易な温度に設定して、ミラーM5も適切に冷却することができる。

【0045】

【発明の効果】

以上の説明から明らかなように、本発明によれば、光学素子を冷却して温度上昇を抑制し、光学素子の变形や位置変化を抑制することができるので、光学素子の波面収差等の光学性能が劣化しない等の効果が得られる。

20

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の1つの実施例に係るミラー冷却装置と1枚のミラーを概念的に示す側面図である。

【図2】同ミラー冷却装置の受熱板と冷却機構の例を概念的に示す平面図である。

【図3】同ミラー冷却装置の受熱板の加工例を概念的に示す図である。(A)及び(B)は受熱板表面に突起を加工する例を示す斜視図であり、(C)は受熱板表面の中央部にコーティングを施す例を示す斜視図である。

【図4】図4(A)は本発明の他の実施例に係るミラー冷却装置と1枚のミラーを概念的に示す側面図であり、図4(B)はミラー・受熱板の各対向面に突起を加工する例を示す拡大図である。

30

【図5】本発明に係るミラー冷却装置をEUV光露光装置の投影光学系に適用した例を示す図である。

【図6】EUV光露光装置の全体構成例を示す図である。

【図7】EUV光露光装置の概略構成例を示す図である。

【図8】EUV光露光装置の光学系鏡筒の一例を示す構成図である。

【符号の説明】

1、11 ミラー

1a、11a 反射面

1b、11b 裏面

40

1X 突起

3、3'、13 受熱板(第1受熱板)

3a、3b 突起

3c 中央部

3X 突起

4 ヒートパイプ

4a 固定端

4b 延出端

5、15 冷却機構

6 水冷ジャケット

7 加熱装置

8 防熱機構

9 第2受熱板

10 ミラー冷却装置

223 反射型マスク

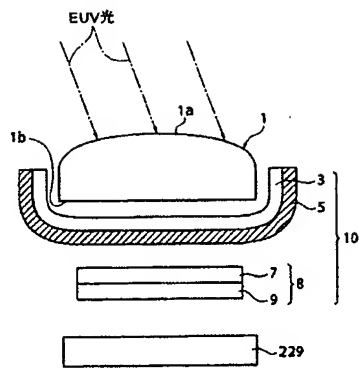
229 ウエハ

50

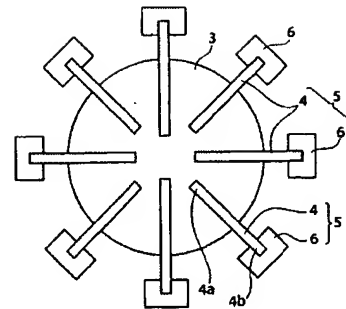
M 1 ~ M 6 ミラー
H 2、H 3 ヒーター

C 1 ~ C 6 クーラー

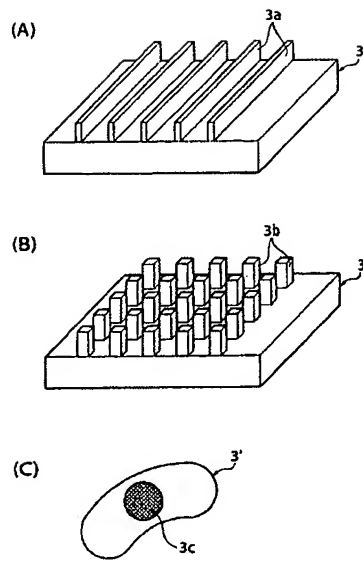
【図 1】



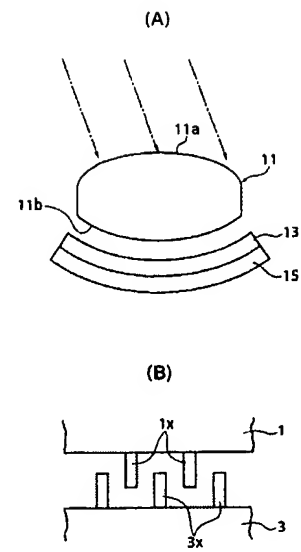
【図 2】



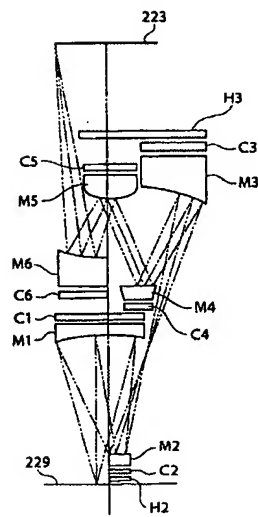
【図 3】



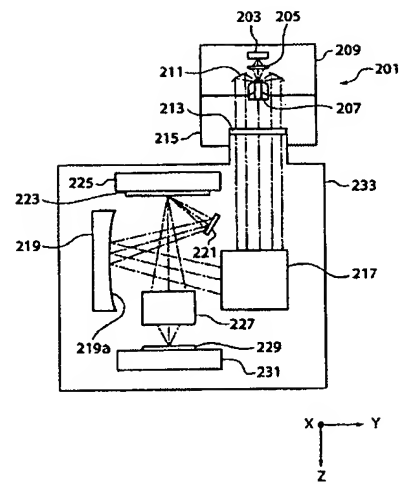
【図 4】



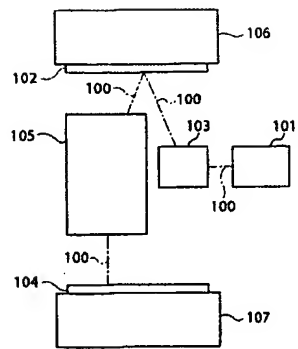
【図 5】



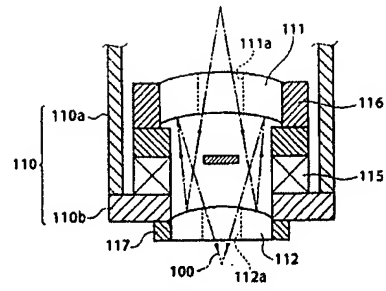
【図 6】



【図 7】



【図 8】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.⁷

F I

テーマコード (参考)

H 0 1 L 21/027

H 0 1 L 21/30 5 0 2 H

H 0 1 L 21/30 5 3 1 A